

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-325020

(P2002-325020A)

(43) 公開日 平成14年11月8日 (2002.11.8)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード* (参考)
H 0 3 F	3/24	H 0 3 F	5 J 0 9 1
	1/02		5 J 0 9 2
H 0 4 B	1/04	H 0 4 B	E 5 K 0 6 0
			P

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2001-127133(P2001-127133)

(22) 出願日 平成13年4月25日 (2001.4.25)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 山口 恵一

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株

式会社東芝研究開発センター内

(74) 代理人 100083161

弁理士 外川 英明

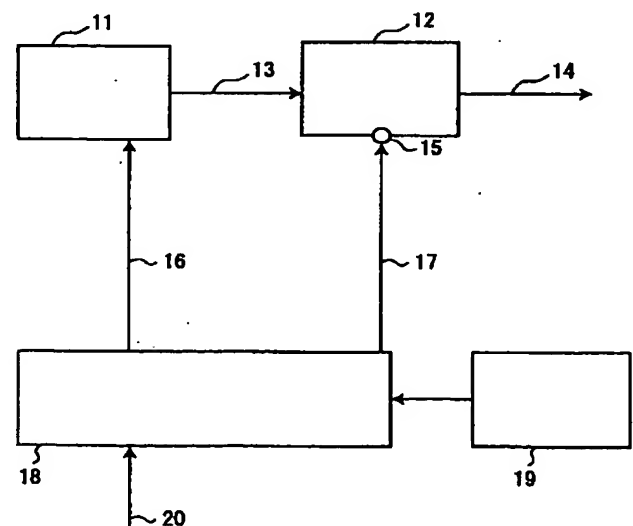
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高周波回路及び通信システム

(57) 【要約】

【課題】 送信電力制御を考慮した実効的な（特に低出力時）消費電流を削減する高周波回路を、実装面積が少なく、かつ、部品点数が少ない方式で実現する。

【解決手段】 高周波信号の電力を調節する電力調節手段（11）と、前記電力調節手段の出力を増幅して出力する高周波増幅器（14）と、外部からの出力電力指示に応じて前記高周波増幅器を制御する制御部（18）を備え、前記制御部は、前記高周波増幅器の出力電力に対応した、電力調節手段の出力と高周波増幅器の動作バイアス点に関する情報を予め保持しており、前記出力電力指示に応じて、前記保持した情報を用いて前記高周波増幅器の動作バイアス点を制御することによって、前記出力電力指示が低いときには、前記高周波増幅器の消費電流を下げることを特徴とする高周波回路。



BEST AVAILABLE COPY

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 高周波信号の電力を調節する電力調節手段と、

前記電力調節手段の出力を増幅して出力する高周波増幅器と、

外部からの出力電力指示に応じて前記高周波増幅器を制御する制御部を備え、

前記制御部は、

前記高周波増幅器の出力電力に対応した、電力調節手段の出力と高周波増幅器の動作バイアス点に関する情報を予め保持しており、

前記出力電力指示に応じて、前記保持した情報を用いて前記高周波増幅器の動作バイアス点を制御することによって、前記出力電力指示が低いときには、前記高周波増幅器の消費電流を下げることを特徴とする高周波回路。

【請求項 2】 前記制御部は、前記出力電力指示に応じて、前記情報を用いて前記電力調節手段の出力を制御することを特徴とする請求項 1 記載の高周波回路。

【請求項 3】 前記情報を記憶するテーブルを備えたことを特徴とする請求項 1 記載の高周波回路。

【請求項 4】 前記情報がソフトウェアプログラムで記述されていることを特徴とする請求項 1 記載の高周波回路。

【請求項 5】 前記情報がハードウェアによりアナログ的に出力されていることを特徴とする請求項 1 記載の高周波回路。

【請求項 6】 所定の無線通信システムで定められた歪み基準値を満足する前記高周波増幅器の出力電力のうち最大の値を最大出力電力とし、

前記出力電力指示が前記最大出力電力よりも低い出力電力を指示した時には、前記制御部は、前記最大出力電力を指示した時に比べて、前記第 2 の動作バイアス点を B 級寄りに制御することを特徴とする請求項 1 記載の高周波回路。

【請求項 7】 前記情報は、

所定の無線通信システムで定められている全出力電力範囲において、前記高周波増幅器から出力される不要波と所望信号成分の比率が、前記所定の無線通信システムの歪み基準値以下で、かつ、この歪み基準値の近傍であるという条件下で、前記高周波増幅器が A 級動作から B 級動作するまでの各動作バイアス点に対応する、入力電力、電力利得及び出力電力のうち少なくとも二つの情報を測定することによって、求められていることを特徴とする請求項 1 記載の高周波回路。

【請求項 8】 所定の無線通信システムで定められた歪み基準値を満足する前記高周波増幅器の出力電力のうち最大の値を最大出力電力とし、  
前記制御部から前記高周波回路に供給される制御信号は少なくとも第 1 の値と第 2 の値を有し、

2

前記第 1 の値は、前記高周波増幅器の出力電力が前記最大出力電力になるように前記テーブルから求められ、  
前記第 2 の値は、前記高周波増幅器の最大出力時の電力利得の  $1/8$  以下になるように前記情報から求められることを特徴とする請求項 1 記載の高周波回路。

【請求項 9】 前記第 1 及び第 2 の値は、前記情報から補間されて求まることを特徴とする請求項 8 記載の高周波回路。

【請求項 10】 前記制御部から前記高周波回路へ供給される制御信号を一旦入力し、前記制御信号の代わりに、前記制御信号を変換した信号を前記高周波増幅器に供給する制御信号変換器をさらに備えることを特徴とする請求項 1 記載の高周波回路。

【請求項 11】 高周波信号の電力を調節する電力調節手段、前記電力調節手段の出力を増幅して出力する高周波増幅器、及び外部からの出力電力指示に応じて前記高周波増幅器を制御する制御部を有し、前記制御部は、前記高周波増幅器の出力電力に対応した、電力調節手段の出力と高周波増幅器の動作バイアス点に関する情報を予め保持しており、前記出力電力指示に応じて、前記保持した情報を用いて前記高周波増幅器の動作バイアス点を制御することによって、前記出力電力指示が低いときには、前記高周波増幅器の消費電流を下げる高周波回路と、

前記高周波回路の高周波増幅器から出力された信号を出力するアンテナを備えることを特徴とする通信システム。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、広範囲な出力（送信）電力制御が行われる無線通信システム用の電力増幅器（以下、高周波増幅器という）に関し、特に、低出力時における電力利得を減じるとともに、消費電流を削減し、出力電力制御の下において実効的な平均消費電流を削減する回路方式及び通信システムに関する。

## 【0002】

【従来の技術】無線通信、特に移動体無線通信では送信電力制御が行われる場合が多く、低出力電力時に高周波増幅器及びこの高周波増幅器の前段に配置されるドライバ増幅器等の前段部の電力付加効率の劣化が問題となる。

【0003】以下、この送信電力制御と低出力電力時における電力付加効率の劣化について説明する。ここで、電力付加効率とは、RF（高周波）出力電力を DC（直流）入力電力で除したものである。

【0004】まず、図 10 に送信電力制御を行う無線通信システムの送信電力確率密度関数の一例を示す。この例では送信電力が最大で 30dBm（dBmW、以下 dBm と略す）に達するが、最も送信する確率の多い電力は 10dBm 付近にある。また、送信電力は 0dBm 以下の値を取る場合もある。

る。

【0005】次に、図9は一般的な移動体通信向け線形アンプに用いられるAB級にバイアスされた高周波増幅器のRF（高周波）出力電力とDC（直流）消費電流の関係を示したものである。

【0006】一見すると、RF出力電力に伴い消費電流も増加しているように見えるが、電力付加効率が出力電力によらずに一定であれば、出力30dBm時に400mAであった消費電流は、20dBm出力時には1/10の40mAになっていなければならない。しかし、この例では130mA消費している。後で説明するが、高周波増幅器では原理的に電力付加効率が出力電力の低下に伴い劣化するためである。

【0007】また、RF出力電力が10dBm以下ではRF出力電力によらず消費電流が有限の一定値に漸近する。図9の場合は約60mAである。これは、AB級にバイアスするための設定電流（アイドル電流、セット電流又はquiescent currentという）である。

【0008】尚、B級にバイアスすれば、低出力時の消費電流は0に漸近する。しかし、線形変調用の増幅器の場合、歪みを抑えるためにAB級にバイアスする必要がある。AB級では、低出力時において高周波電力に寄与しない無駄な電流を消費するという問題点がある。

【0009】上述した図10に示した送信電力の確率密度関数を、図9に示したRF出力電力に対するDC消費電流に当てはめると、消費電流の確率分布関数が得られる。この消費電流の確率分布関数を図11に実線で示す。破線で示したのが平均消費電流で、約84mAである。50%以上の確率でアイドル電流である約60mAの電流が消費され、100mA以上の電流が消費されるのは全体の14%、200mA以上は3.5%、300mA以上は僅かに1%である。図11より、明らかに、平均消費電流はアイドル電流に依存していることがわかる。広範囲の送信電力制御を行う無線通信システムでは、高周波増幅器のアイドル電流削減が重要であり、技術課題である。

【0010】次に、高周波増幅器の電力付加効率が、飽和出力付近で最大となり、低出力時に劣化するメカニズムについて、アイドル電流が0となるB級アンプの場合を例に取り、図12を用いて説明する。図12(a)は電力付加効率とRF出力電力の関係の一例である。ここで電力付加効率とは、前述したように、RF出力電力をDC入力電力で除したものであり、バイポーラトランジスタの場合はコレクタ効率、電界効果トランジスタの場合はドレイン効率のことである。図12(b)は同図

(a)の電力付加効率の逆数を対数目盛りで示したグラフである。出力されるRF電力に対して、何倍の直流電力を高周波増幅器に投入しているかを示している。図12の例では、出力電力30dBm時に72%あった電力付加効率が、20dBm出力時には21.8%、10dBm出力時には4.7%、5dBm出力時には1.5%

にまで劣化している。投入しているDC入力電力はRF出力電力に対して30dBm出力時に1.4倍、20dBm出力時に4.6倍、10dBm出力時は21.2倍、5dBm出力時には67.1倍にまで増加し、低出力時にはRF出力電力に供さない無駄なDC入力電力が消費されていることがわかる。

【0011】低出力時に電力付加効率が劣化するメカニズムを単純理想化したトランジスタモデルを用いて説明する(図13)。電流、電圧の瞬時値を静特性上に重ね合わせた動的な負荷線が折れ線KBCで表され、出力電圧はバイアス電圧を平均値とした正弦波で表され、出力電流は半波整流波で表されると仮定する。点Bがバイアス点に相当する。図13の場合はB級動作である。RF出力電力は、出力電圧の基本波成分 $V_{out}(t)$ の実効値と出力電流の基本波成分 $I_1(t)$ の実効値の積で与えられる。点Rと点Bを対角とする四角形の面積の1/2がRF出力電力に相当する。図中点線で示した四角形がこれに相当する。DC入力電力はバイアス電圧と出力電流 $I_{out}(t)$ の平均値の積で与えられるので、図中では点Dと点Bを対角とする破線で示した四角形の面積に相当する。電力付加効率は両者(破線と点線の四角形)の面積比で与えられる。また、ここで、点Rと点Bを結んだ直線が、基本波に対する負荷線となる。

【0012】図13(a)に対して同図(b)は電流振幅および電圧振幅が半減しており、RF出力電力は1/4となっている。一方、直流電流はRF電流の平均値であるので同じ割合で半減するが、直流電圧は点Bで固定であるため、四角形DBの面積は1/2である。この結果、RF出力電力が1/4(-6dB)となる毎に電力付加効率は半減していく。このように、高周波増幅器で低出力時に電力付加効率が劣化するの動作原理に基づく本質的な問題である。

【0013】従来、この様な本質的な電力付加効率の劣化を補償する手段として、図15に示す高周波回路がある。すなわち、出力電力の低下に合わせて、バイアス電圧を変化させて、例えば、出力電力が1/4になる時には、図15(b)に示すようにバイアス電圧をB2からB1に変化させることで、電力付加効率の劣化を抑止しようとするものである。しかし、この方式を実現するには大電流が供給可能な可変電圧源V1が必要である。一般的には図15(c)で示すようなDC-DCコンバータが用いられるが、部品点数の増加、実装面積の増加、価格の増加を招く。また、この方法では、低出力時になるにつれてバイアス電圧に占めるニー電圧の割合が増して効率の維持が困難になる。加えて、可変電源V1の最低出力電圧が内部のレギュレータの基準電圧の関係で約1V程度であること、低電圧出力時にはDC-DCコンバータの効率が劣化することなどの理由で、広い出力電力範囲において高い効率を維持することは難しい。

【0014】また、図15(a)に示すように、可変電

源V2を併用してバイアス電流を制御することも行われる。しかし、従来のこの方式においては、出力低下に伴う電力付加効率劣化の抑制が目的であるために、増幅器の電力利得を維持しつつ（低出力時においても電力利得を極力低下させないように）、アイドル電流（バイアス電流）を調整している。

【0015】同様に、図15(a)において、電源V1は固定にして固定バイアス電圧の下で、可変電源V2によるバイアス電流制御のみを行う方法も提案されている。但し、従来のこの方法においても上述同様に、出力低下に伴う電力付加効率劣化の抑制が目的であるために、増幅器の電力利得を維持しつつ（低出力時においても電力利得を極力低下させないように）、アイドル電流（バイアス電流）を調整している。例えば、増幅段が2段の高周波増幅器において、最大出力時の電力利得が約24dBの場合は低出力時であっても21dB程度の電力利得を有するようにバイアス点が調整されている。

【0016】図8を用いて、従来の可変電源V2によるバイアス電流制御のみを行う方法の原理を説明する。図8に示すように、可変電源V2を固定した場合、V2の値は、出力電力に対して歪みが基準値Rに対して一定の余裕をもって推移し、最大出力Pにおいて基準値Rを超える様に調整されている。アンプのバイアス点を上記固定時のV2の値よりもB級寄りのV2'に設定すると、歪み特性は全体的に図8のグラフの上側に移動する（若干形状が変化する）。このとき、歪み特性が、最大出力電力より低電力側で一旦持ち上がる個所が基準値Rを越えなければ、最大出力電力Pが若干低下するだけですむ。従来の方法は、この特性を利用している。

【0017】別の電力付加効率の劣化を補償する方法として、図14に示す高周波回路がある。すなわち、従来の高周波回路では、最大出力電力の異なる複数の増幅器、AMP1（最大出力電力 -20dBm）、AMP2（最大出力電力 5dBm）、AMP3（最大出力電力 30dBm）を直列に配置するとともに、後段のAMP2及びAMP3にバイパス回路75、76を設け、スイッチ回路S71、S72、S73、S74を切り換えることによって接続形態を選択して適切な電力増幅を行う。

【0018】低出力時に不要な電力増幅段を取り除くことで、高出力用電力増幅段が低出力時に消費するアイドル電流を削減するのがこの方法の狙いである。例えば、スイッチS71乃至S74、および、バイパス経路の75、76の損失が無いものと仮定すると、5dBm以上の電力を出力するにはAMP3が必要であるが、5dBm以下であればAMP2で出力可能なためAMP3は切り離すことが出来る。同様に、-20dBm以下であれば、AMP2、AMP3の両方を切り離すことが出来て、AMP3やAMP2が消費するアイドル電流を削減できる。

【0019】しかし、図14のようなスイッチによる方

法は簡便であるが、スイッチの挿入損失が問題となる。特に最終段増幅器となるAMP3の出力側に設けられたスイッチS74の挿入損失は、増幅段全体を見た場合の電力付加効率を大きく劣化させる。

【0020】スイッチの挿入損失を1dBと仮定すると、AMP3の出力電力は31dBmでなければならない。AMP3の最大出力時の電力付加効率が40%、電源電圧が3.5V、電力利得25dBと仮定すると、消費電流は896mAである。スイッチが無ければ30dBmを出力すればよく、電力付加効率40%、電源電圧3.5V、電力利得25dBと仮定すると、消費電流は712mAで済む。AMP3の出力側に1dBのスイッチを挿入することにより消費電流は1.26倍になりかえって増加する。これは、1dB出力電力を増すために、デバイスのサイズを1.26倍にしていることに他ならず、全出力電力の範囲において消費電流が1.26倍になる。当然のことながらアイドル電流も1.26倍になる。また、AMP2とAMP3の間に設けたスイッチS73とS72の挿入損失各1dBを補償するために、AMP2はS74も含めた合計3dBを補償する必要がある。また、AMP2にはAMP3よりも厳しい歪み基準が課せられる場合が多く、線形性を確保するために電力付加効率は4%程度と低くなるのが一般的である。AMP2の特性を出力電力8dBm、電力付加効率4%、電源電圧3V、電力利得25dBと仮定すると、消費電流は52.4mAとなる。一方、S74とS73を廃して、常にAMP3を接続している状態を仮定すると、AMP2は6dBmを出力すればよく、消費電流は33.1mAで済む。AMP3をバイパスする場合の63%に相当する。AMP3とAMP2の合計では、78%低消費電流になる。

【0021】スイッチによりバイパスする方法は、一見簡単で効果があるように思われるが、出力電力が高くなるのに伴い消費電流の増加が大きくなるため、従来はAMP2のバイパス75は積極的に利用される反面、AMP3のバイパス76は殆ど行われていない。また、スイッチによる実装面積の増加、部品点数の増加、スイッチによる歪みも問題であった。

#### 【0022】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、AB級高周波増幅器における低出力時の消費電流（例えばアイドル電流）を削減し、送信電力制御の下での実効的な直流消費電力を削減した、広いダイナミックレンジの高周波増幅器及びその前段に配置される前段部を、実装面積が少なく、かつ、部品点数が少ない簡易な方式で実現することである。

#### 【0023】

【課題を解決するための手段】第1の発明は、高周波信号の電力を調節する電力調節手段(11)と、前記電力調節手段の出力を増幅して出力する高周波増幅器(1

4)と、外部からの出力電力指示に応じて前記高周波増幅器を制御する制御部(18)を備え、前記制御部は、前記高周波増幅器の出力電力に対応した、電力調節手段の出力と高周波増幅器の動作バイアス点に関する情報を予め保持しており、前記出力電力指示に応じて、前記保持した情報を用いて前記高周波増幅器の動作バイアス点を制御することによって、前記出力電力指示が低いときには、前記高周波増幅器の消費電流を下げることを特徴とする高周波回路である。

【0024】第2の発明は、前記制御部は、前記出力電力指示に応じて、前記情報を用いて前記電力調節手段の出力を制御することを特徴とする第1の発明記載の高周波回路である。

【0025】第3の発明は、前記情報を記憶するテーブルを備えたことを特徴とする第1の発明記載の高周波回路である。

【0026】第4の発明は、前記情報がソフトウェアプログラムで記述されていることを特徴とする第1の発明記載の高周波回路である。

【0027】第5の発明は、前記情報がハードウェアによりアナログ的に出力されていることを特徴とする第1の発明記載の高周波回路である。

【0028】第6の発明は、所定の無線通信システムで定められた歪み基準値を満足する前記高周波増幅器の出力電力のうち最大の値を最大出力電力とし、前記出力電力指示が前記最大出力電力よりも低い出力電力を指示した時には、前記制御部は、前記最大出力電力を指示した時に比べて、前記第2の動作バイアス点をB級寄りに制御することを特徴とする第1の発明記載の高周波回路である。

【0029】第7の発明は、前記情報は、所定の無線通信システムで定められている全出力電力範囲において、前記高周波増幅器から出力される不要波と所望信号成分の比率が、前記所定の無線通信システムの歪み基準値以下で、かつ、この歪み基準値の近傍であるという条件下で、前記高周波増幅器がA級動作からB級動作するまでの各動作バイアス点に対応する、入力電力、電力利得及び出力電力のうち少なくとも二つの情報を測定することによって、求められていることを特徴とする第1の発明記載の高周波回路である。

【0030】第8の発明は、所定の無線通信システムで定められた歪み基準値を満足する前記高周波増幅器の出力電力のうち最大の値を最大出力電力とし、前記制御部から前記高周波回路に供給される制御信号は少なくとも第1の値と第2の値を有し、前記第1の値は、前記高周波増幅器の出力電力が前記最大出力電力になるように前記テーブルから求められ、前記第2の値は、前記高周波増幅器の最大出力時の電力利得の1/8以下になるように前記情報から求められることを特徴とする第1の発明記載の高周波回路である。

【0031】第9の発明は、前記第1及び第2の値は、前記情報から補間されて求まることを特徴とする第8の発明記載の高周波回路である。

【0032】第10の発明は、前記制御部から前記高周波回路へ供給される制御信号を一旦入力し、前記制御信号の代わりに、前記制御信号を変換した信号を前記高周波増幅器に供給する制御信号変換器(21)をさらに備えることを特徴とする第1の発明記載の高周波回路である。

10 【0033】第11の発明は、高周波信号の電力を調節する電力調節手段(11)、前記電力調節手段の出力を増幅して出力する高周波増幅器(14)、及び外部からの出力電力指示に応じて前記高周波増幅器を制御する制御部(18)を有し、前記制御部は、前記高周波増幅器の出力電力に対応した、電力調節手段の出力と高周波増幅器の動作バイアス点に関する情報を予め保持しており、前記出力電力指示に応じて、前記保持した情報を用いて前記高周波増幅器の動作バイアス点を制御することによって、前記出力電力指示が低いときには、前記高周波増幅器の消費電流を下げる高周波回路と、前記高周波回路の高周波増幅器から出力された信号を出力するアンテナ(101)を備えることを特徴とする通信システムである。

【0034】本発明によれば、高周波増幅器の動作バイアス点を制御することによって、電力利得をほぼ0となるスルーの状態を作り上げ、消費電流を大幅に削減することができる。

30 【0035】また、高周波増幅器の動作バイアス点を制御することによって、アイドル電流も大幅に削減することもでき、また、電力付加効率も改善される。これらは、B級に近い動作級を選べば良い。

【0036】さらに、高周波増幅器の入力電力を不要波のレベル(高周波増幅器から出力される不要波と所望信号成分の比率)が所定の無線通信システムのひずみ基準値以下で、かつ、このひずみ基準値の近傍になるように制御することもできる。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施形態について図面を参照しながら説明する。

40 【0038】まず、図8～図11を用いて、本発明の原理を説明する。図8は一般的なAB級線形増幅器の出力電力と歪み成分の関係を示すグラフである。AB級の動作点にバイアスされた高周波線形増幅器の、出力電力と出力信号に含まれる増幅器の歪みに起因する不要波と所望信号成分の比率(以下、不要波のレベルという)の関係を示した。縦軸が不要波のレベル、横軸が出力電力である。ここで言う不要波とは、3次高調波歪や隣接チャネル漏洩電力などの、無線通信システムで重要な、歪みに関して規定した項目である。この不要波には使用する  
50 無線通信システム毎に歪み基準値が設けられている。さ

らに、無線システム内部で各コンポーネントに歪みの配分が行われて、高周波増幅器に対する最終的な歪み基準が決定される。使用する高周波増幅器にはこの歪み基準値を満足することが要求されている。すなわち、高周波増幅器は、不要波のレベルがこの歪み基準値以下の値になるような出力電力を出さなければならない。図中では歪み基準値をRとして記した。歪み基準値Rを満足する最大の出力電力をPとした。

【0039】ここに示したような一般的な高周波線形増幅器の場合、出力電力の増加に伴い不要波のレベルが増加する傾向にあるため、高周波増幅器の整合回路やバイアス点は出力電力Pにて最適化される。従って、出力電力に応じてバイアス点を制御しなければ、実線で示したグラフのように変曲点を持った形状なる。出力電力の増加に伴い、一旦、不要波の増加が緩やかになり、場合によっては図8に示すように一旦減少し、その後急激に増加するのが特徴である。一般的に、このカーブはA級動作になるにつれて直線的になり、B級になるにつれて増減が激しくなる傾向にある。

【0040】高周波増幅器においては、A級になるにつれて歪みが低減するが電力付加効率も劣化し、B級になるにつれて歪みは増加するが電力付加効率も改善される。歪みと電力付加効率はトレードオフの関係にある。

【0041】また、A級動作では、図13において負荷線が点Kと点Cを結んだ線であり、電流 $I_{out}(t)$ は正弦波になり、アイドル電流は振幅の半分に相当する電流になる。B級では図13同様アイドル電流が0になる(点B)。すなわち、電力付加効率改善とアイドル電流削減の観点から、B級に近い動作級を選ぶのが有利である。そこで、図8に示すように、出力電力の増加に伴い、基準値Rと一定のマージンをもって不要波レベルが推移するように、可能な限り動作級をA B級の中でもB級寄りに設定するよう、バイアス点を制御すればよい。

【0042】図8から明らかなように、出力電力が低下するに従い、歪み基準値Rに対するマージンが生じ、低出力時にはより深いバイアス点(可能な限りB級寄り)で動作させることが重要である。

【0043】(第1の実施形態)図1は、本発明の第1の実施形態に係る高周波回路のブロック図である。11は出力電力調節手段である信号源、12は高周波増幅器、13は信号源11から高周波増幅器へ供給されるRF入力信号、14は高周波増幅器から出力されるRF出力信号、15は高周波増幅器の制御端子、16は信号源11の出力電力を制御する第1の制御信号、17は制御端子15に供給され、前記高周波増幅器の動作バイアス点を制御する第2の制御信号、18は第1及び第2の制御信号を生成する制御部、19は高周波増幅器の各動作バイアス点に対応する、入力電力、電力利得及び出力電力の3つのうちいずれか2つの情報を格納するテーブル、20はCPUなどの通信システム全体の制御装置

(不図示)から供給された出力電力指示を示す。

【0044】制御端子15は、高周波増幅器12の出力電力に応じて、高周波増幅器12の動作バイアス点を第2の制御信号17により設定変更するためのものである。制御端子の一例としては、高周波増幅器12がエミッタ接地バイポーラトランジスタの場合は直接あるいはバイアス回路等を介してベースに接続されている端子が挙げられる。

【0045】制御端子15に与えられる第2の制御信号17は少なくとも2つ以上の離散的な値を取り(デジタル制御の場合)、制御部18により発生される。制御部18と高周波増幅器12の制御端子15との間の信号の電流の向き、および駆動方式(電流駆動、電圧駆動)は、制御端子15以降の、高周波増幅器内部の回路構成に依存する。

【0046】動作の説明を明確にするために、以下では電圧駆動として、高電圧側でバイアスが浅くなり(A級寄り)、低電圧側でバイアスが深くなる(B級寄り)ものとして説明する。もちろん、実際の回路ではこの論理が逆転していても差し支えない。また、よりきめ細やかに制御を行うには、高周波増幅器12に含まれる増幅段数に相当するだけの制御端子が存在し、個別に制御をかけることが望ましいが、ここでは、動作説明を簡単にするため、1つの制御端子による例を示す。

【0047】まず、図8を使って動作説明する。従来においては不要波レベルが最大出力P以上の電力において基準値Rを超える様に、最大出力Pにおいて、バイアス点、整合点を最適化しており、このときの不要波レベルの出力電力依存性を、便宜上、「従来の不要波レベル」、またこの時与えられていたバイアスを「従来のバイアス点」と呼ぶことにする。図8には制御端子15に与えられる第2の制御信号17が「従来のバイアス点」で固定されたときの「従来の不要波レベル」が示されている。

【0048】本発明は、不要波レベルが、最大出力P以下の出力電力において、「従来の不要波レベル」以上かつ、歪み基準値R以下になるように制御することを特徴としている。

【0049】本実施形態では第2の制御信号17により「従来のバイアス点」よりもB級寄りのバイアス点を選ぶ。このため、基準値Rを満足できる最大出力電力はPよりも下がる。また、一般的に、バイアス点がB級寄りになれば電力利得も低下する。従って、本実施形態では、動作バイアス点を変更した場合にも歪み基準Rを満足できるようにするため、各動作バイアス点に対応する、出力電力(Pout)、電力利得(Gain)、入力電力(Pin)の3つのうちいずれか2つの情報をテーブル19に格納している。尚、出力電力(Pout)、電力利得(Gain)、入力電力(Pin)の3つのうちいずれか2つの情報を持てば、 $Pin + Gain = Pout$ の式より残りの情報



11

を求めることができる。

【0050】そして、システムからの出力電力指示20 (Pout) に応じて、最適な (すなわち、不要波のレベルが歪み基準値以下で、かつこの歪み基準値の近傍である) 動作バイアス点を第2の制御信号17により設定する。すると、高周波増幅器12の電力利得 (Gain) が決まる。従って、高周波増幅器12に入力するRF入力信号13の電力 (Pin) を、上式  $Pin + Gain = Pout$  を満たすように第1の制御信号により調整する。

【0051】本実施形態では、動作バイアス点を「従来のバイアス点」よりも深く (B級寄り) に設定するために、制御端子15に与える第2の制御信号17の電圧を、最大出力Pの時よりも低出力側において、下げる操作を行っている。

【0052】テーブル19の作り方は、まず、使用する無線通信システムに応じて高周波増幅器12を決め、この決めた高周波増幅器12のRF入力信号13、RF出力信号14、第2の制御信号17の三つうちの一つを定めて他の二つが歪み基準値Rを満足する条件を測定すればよい。例えば、RF入力信号13を定めて、第2の制御信号17を調整して、歪みレベルが歪み基準値Rを満足する値を探す。そしてこの入力信号13のレベルと第2の制御信号17の値を選んだときの、RF出力信号14を測定する場合がある。

【0053】信号源11は、出力電力調節機能 (例えば、可変利得増幅器、減衰器) を少なくとも含んでおればよい。さらに、ベースバンド部、D/A変換器、変調器、アップコンバータなどを含んでいても良い。この出力電力調節機能により高周波増幅器11に入力されるRF入力信号16の出力電力が調整される。

【0054】制御部18は、信号源11や高周波増幅器12を第1の制御信号16および第2の制御信号17により制御することによって、RF出力14の出力電力を任意に設定したり、また、RF出力が無い場合には、信号源11や高周波増幅器12を電流を消費しないOFF状態 (シャットダウン状態) に切り替える機能を持つ。

【0055】CPUなどの通信システム全体の制御装置から供給された出力電力指示20が制御部18に与えられると、制御部18は、出力電力指示20に対応する、高周波増幅器12の入力電力および第2の制御信号をテーブル19から読み出す。このとき、テーブル19に入力電力、出力電力のセットではなく、入力電力と電力利得、あるいは、電力利得と出力電力のセットで格納されている場合にはこれから換算して求める。

【0056】尚、テーブル19に記録されてる対応表は離散的なデータなので、制御部18で必要に応じて補間される。補間方法としては、直線補間又はスプライン補間などが挙げられる。また、補完は真数で行っても、対数で行ってもよい。

【0057】読み出されたデータである高周波増幅器1

12

2の入力信号13に基づき、制御部18で第1の制御信号16が生成され、この第1の制御信号によって信号源11の出力電力が、高周波増幅器12に入力すべきRF入力電力の所望の値に調整される。さらに、制御部18で出力電力指示20に応じてテーブル19から求められた第2の制御信号17が生成され、高周波増幅器12は、制御端子15に供給された第2の制御信号17によって動作バイアス点が制御される。上述したように、本実施形態では、制御端子15に与える第2の制御信号17の電圧を、最大出力Pの時よりも低出力側において、下げる操作を行っている。この結果、あらゆる出力電力においても歪み基準Rを満足する範囲で動作バイアス点を「従来のバイアス点」よりも深く (B級寄り) 設定することが可能になる。

【0058】また、本方式は、制御信号により動作バイアス点を深く (B級寄り) にすると共に、高周波増幅器12の電力利得を低下させてゲインコントロールの機能をもたせ、更に、ピンチオフ (遮断領域) 近傍に動作バイアス点を設定することで、電力利得がほぼ0となるスルーの状態を作り上げ、消費電流を大幅に削減することを特徴としている。このスルー状態によりAB級増幅器特有のアイドル電流を大幅に削減でき、送信電力制御を行う無線通信システムにおける消費電流も大幅に削減できる。

【0059】(変形例) 図2は、図1で説明した高周波回路の変形例のブロック図である。図1と同じ符号については図1の説明を参照していただき、ここでは図1と異なる点のみ説明する。

【0060】図1と異なる点は、制御部18から供給される第2の制御信号17がそのまま高周波増幅器12の制御端子15に入力されるのではなく、第2の制御信号17は制御信号変換器21に inputs し、対応する第3の制御信号22が制御端子15に供給される点である。このような制御信号変換器21は高周波増幅器11のバイアス回路としての機能も備えるので、高周波増幅器11の温度補償ができる点で有効である。

【0061】図2では制御信号変換器21は高周波増幅器1とは別のブロックで記載したが、両者が物理的に同一のパッケージもしくはモジュールもしくは集積回路に組み込まれる場合もある。

【0062】図3から図6に、歪みの基準値が-38dBcの時の図1で説明した高周波回路の実験結果を示す。

【0063】図3は出力電力-制御電圧の特性、図4は出力電力-隣接チャネル漏洩電力の特性である。従来の制御電圧を固定する方式 (すなわち、第2の制御信号17が無い場合) (点線) では出力電力の低下に伴い隣接チャネル漏洩電力が減少し、基準値-38dBcよりもかなり低い値をとるようになる。一方、本実施形態に基づく制御方式 (実線) では、隣接チャネル漏洩電力が一

13

38 dBcとなるように、出力電力が低下するにつれて、制御端子15に与える第2の制御信号17である制御電圧を2.9Vから2Vへ変化させている。この制御電圧が変化することにより、高周波増幅器の電力利得も変化する。

【0064】図5は、出力電力ー電力利得Gaの特性、出力電力ー入力電力Pinの特性を示すグラフである。従来の制御電圧固定の方式（点線）では電力利得Gaは出力電力に殆ど依存していないが、本実施形態の方式

（実線）では低出力時に電力利得Gaが0 dB付近まで低下している。電力利得制御範囲は25 dB確保できていることがわかる。

【0065】本実施形態の方式では、隣接チャネル漏洩電力の基準値-38 dBcを満たすために、制御電圧に応じて入力電力Pinに制限がかかるのが特徴である。

【0066】図6は出力電力と消費電流の関係を示している。従来の制御電圧固定の方式（点線）では低出力時に70 mAのアイドル電流に漸近するが、本実施形態の方式（実線）では、約1/10の7 mAにまで消費電流が削減されている。この結果を送信電力制御による送信電力の確率密度関数に当てはめ評価した結果、最高で50%の消費電流の削減が実現できた。

【0067】図5と図6より、本実施形態の方式によれば、電力利得Gaを24 dBから15 dB〜9 dB下げれば、すなわち、最大出力時の電力利得の1/8以下にすれば、消費電流も格段と下げることができる。さらに、電力利得Gaを6 dBまで下げれば、消費電流はさらに下げることができる。尚、電力利得Gaが0 dB〜3 dBの範囲であっても、同様に消費電流は下がった。つまり、電力利得Gaを6 dB〜3 dBのほぼ0 dBにすれば、消費電流はさらに下げることができる。

【0068】（第2の実施形態）第1の実施形態に係る高周波回路は、特に出力電力範囲の広い高周波増幅器を必要とするシステムに好適である。例えば、移動局との通信や、あるいは固定局同士であっても電波伝播の環境が変化しやすい場合に有効である。特に携帯電話などの移動体通信システムや無線LAN機器などに代表される無線アクセスシステム、とりわけ広いダイナミックレンジを必要とするCDMA（Code Division Multiple Access；符号分割多元接続）方式によるシステムでは有効である。

【0069】以下では、第2の実施形態として、第1の実施形態に係る高周波回路が、通信システムの送信用増幅器に適用できることを説明する。

【0070】即ち、図7（a）に示すように、本実施形態に係る無線通信システムは、電波信号を送受信するアンテナ101及び102と、これらアンテナ101や102を切り換え接続するアンテナ共用器／切り換え器103と、上述した第1の実施形態にかかる高周波回路を内蔵した送信用増幅器104及び受信用増幅器105

14

と、これらの送信用増幅器104及び105に対して変調又は復調された信号を入出力する変調器106及び復調器108と、送受周波数を生成し、またベースバンド信号処理部109との同期処理を行うシンセ部（シンセサイザ）107とを有する無線部100を備えている。

【0071】また、本実施形態に係る無線通信システムは、無線部100から入出力される信号を変換処理するベースバンド信号処理部109と、このベースバンド信号処理部109に対して外部からの信号を入出力する入出力部110を有しており、これら無線部100、ベースバンド信号処理部109、及び入出力部110は、電源112から供給される電源電圧により駆動するとともに、制御部111によりその動作が制御される。なお、入出力部110は、外部からの音声や入力操作を受けるインターフェースとしてマイク110a、キー110dを有しており、また外部への出力インターフェースとしてスピーカ110bや表示部110c、パイプ110e、データ入出力装置110fを有している。データ入出力装置110fとは、Bluetoothモジュールや、USB、IEEE1394などのインターフェース、メモリカードやCFカードやSDカード等の各種カード類のインターフェース、PDAやPCとの接続に用いるインターフェースなどをいう。

【0072】そして、このような無線システムによれば、マイク110a、キー操作110d及びデータ入出力装置110f等の入出力部110により入力された音声、操作信号及びデータは、制御部111の制御によりベースバンド信号処理部109で信号処理され、変調器106を介して送信用増幅器104に入力される。この送信用増幅器104では、上述した第1の実施形態に係る増幅処理によって増幅され、アンテナ共用器／切り換え器103を介して、アンテナ101や102より送信される。

【0073】なお、アンテナ101や102で受信された電波は、制御部111の制御によりアンテナ共用器／切り換え器103を介して受信用増幅器105により増幅され、復調器108、ベースバンド信号処理部109により制御信号に変換され、入出力部110のスピーカ110bや表示部110c、パイプ110e、データ入出力装置110fの動作を制御する。

【0074】また、本発明は図7（b）に示すような、移動体通信システムの基地局についても採用することができる。

【0075】即ち、同図（b）に示すように、本実施形態に係る移動体通信システムは、電波信号を送受信するアンテナ201及び202と、これらアンテナ201や202を切り換え接続するアンテナ共用器／切り換え器203と、上述した第1の実施形態に係る高周波回路を内蔵した送信用増幅器204及び受信用増幅器205



15

と、これらの送信用増幅器 204 及び 205 に対して変調又は復調された信号を入出力する変復調器 206 とを有する無線部 200 を 1 以上備えている。

【0076】また、本実施形態に係る移動体通信システムは、無線部 200 から入出力される信号を処理するベースバンド信号処理部 207 と、このベースバンド信号処理部 207 に対して外部からの信号を入出力する伝送路接続部 208 を有しており、これら無線部 200、ベースバンド信号処理部 207、及び伝送路接続部 208 は、電源 210 から供給される電源電圧により駆動するとともに、制御部 209 によりその動作が制御される。

【0077】そして、このような移動体通信システムでは、外部から入力された信号は、伝送路接続部 208 を通じてベースバンド信号処理部 207 に入力され、このベースバンド信号処理部 207 において信号処理され、変調器 206 を介して送信用増幅器 204 に入力される。この送信用増幅器 204 では、上述した第 1 の実施形態に係る増幅処理によって増幅され、アンテナ共用器／切り替え器 203 を介して、アンテナ 201 や 202 より送信される。

【0078】なお、アンテナ 201 や 202 で受信された電波は、アンテナ共用器／切り替え器 203 を介して受信用増幅器 205 により増幅され、変復調器 206、ベースバンド信号処理部 207 により制御信号に変換され、伝送路接続部 208 を通じて外部に出力される。

【0079】以上、第 1 及び第 2 の実施形態を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではなく、例えば、図 1 のテーブル 19 の代わりに、高周波増幅器 12 の各動作バイアス点に対応する入力電力、電力利得及び出力電力のうち少なくとも二つの情報が関数で記述（ソフトウェアプログラム）されていても良い。また、これらの情報は、例えばオペアンプ等のハードウェアによりアナログ的に出力されても良い。その他本発明の主旨を逸脱しない範囲内で適宜変形できる。

【0080】上述した本発明によれば、送信電力制御を行う高周波増幅器において、低出力時の消費電流を従来比で 1/10 に削減できる。この優れた特性により、送信電力制御を考慮した実効的な平均消費電流を最高で 50 % まで削減する効果がある。本発明に必要な回路は MMIC あるいは LSI に搭載可能であるため、小型、低価格が要求される、携帯電話用の高周波増幅器などに応用出来る。

【0081】

【発明の効果】本発明によれば、A B 級高周波増幅器における低出力時の消費電流を削減し、送信電力制御の下での実効的な直流消費電力を削減した、広いダイナミックレンジの高周波増幅器及びその前段に配置される前段部を、実装面積が少なく、かつ、部品点数が少ない簡易な方式で実現することができる。

【図面の簡単な説明】

16

【図 1】 本発明の第 1 の実施形態に係る高周波回路のブロック図。

【図 2】 図 1 で説明した高周波回路の変形例のブロック図。

【図 3】 第 1 の実施形態に係る高周波回路の出力電力－制御電圧の特性図。

【図 4】 第 1 の実施形態に係る高周波回路の出力電力－隣接チャネル漏洩電力の特性図。

【図 5】 第 1 の実施形態に係る高周波回路の出力電力－電力利得  $G_a$  の特性及び出力電力－入力電力  $P_{in}$  の特性図。

【図 6】 第 1 の実施形態に係る高周波回路の出力電力と消費電流の関係を示すグラフ。

【図 7】 本発明の第 2 の実施形態に係る通信システムのブロック図。

【図 8】 一般的な A B 級線形増幅器の出力電力と歪成分の関係を示すグラフ。

【図 9】 一般的な A B 級高周波増幅器の RF 出力電力と DC 消費電流の関係を示すグラフ。

【図 10】 送信電力制御を行う無線通信システムに用いられる高周波増幅器の送信電力確率密度関数の一例を示すグラフ。

【図 11】 図 10 の確率密度関数を用いた場合の、消費電流の確率分布関数のグラフ。

【図 12】 B 級高周波増幅器の RF 出力電力と電力付加効率の関係を一例を示すグラフ。

【図 13】 高周波増幅器の低出力時における電力付加効率の低下を説明する原理図。

【図 14】 従来の高周波回路の説明図。

【図 15】 従来別の高周波回路の説明図。

【符号の説明】

11 信号源

12 高周波増幅器

13 RF 入力信号

14 RF 出力信号

15 制御端子

16 第 1 の制御信号

17 第 2 の制御信号

18 制御部

19 テーブル

20 出力電力表示

21 制御信号発生回路

22 第 3 の制御信号

100, 200 通信部

101, 102, 201, 202 アンテナ

103, 203 アンテナ共用器／切り換え器

104, 204 送信用増幅器

105, 205 受信用増幅器

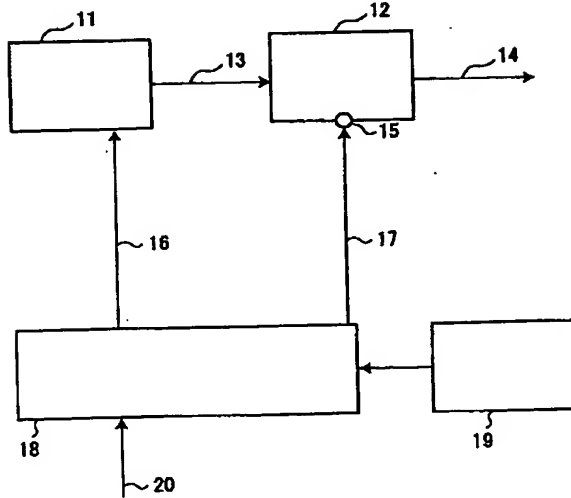
106 変調器

50 107 シンセ部

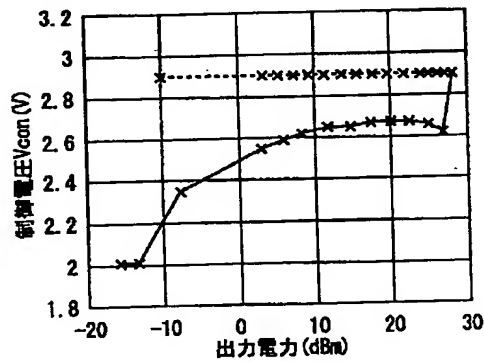
108 復調部  
109, 207 ベースバンド信号処理部  
110 入出力部

17

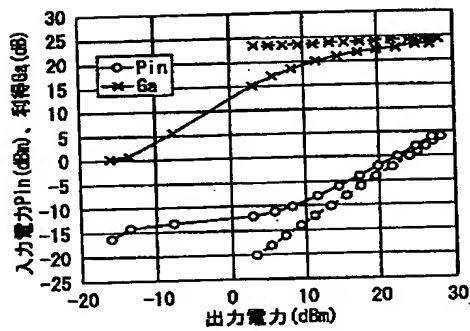
【図1】



【図3】



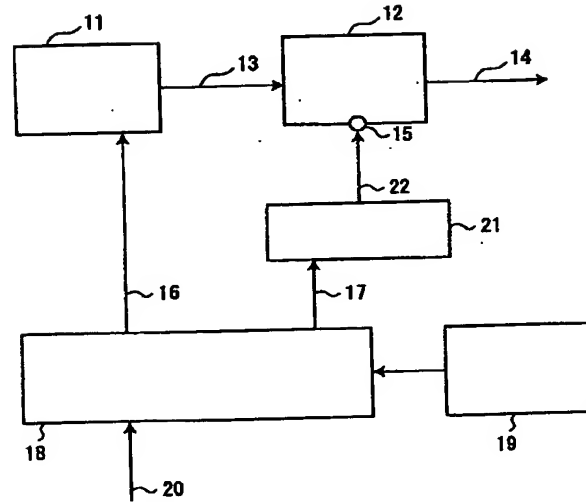
【図5】



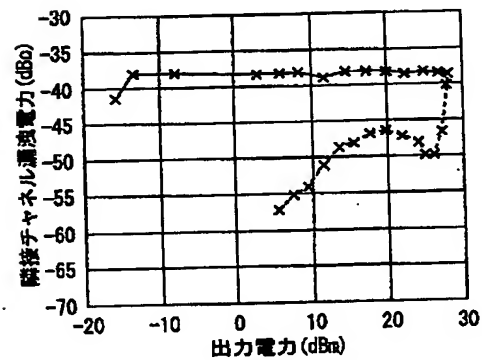
18

\* 111, 209 制御部  
112, 210 電源  
\* 208 伝送路接続部

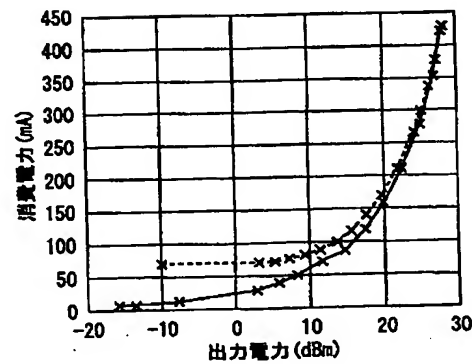
【図2】



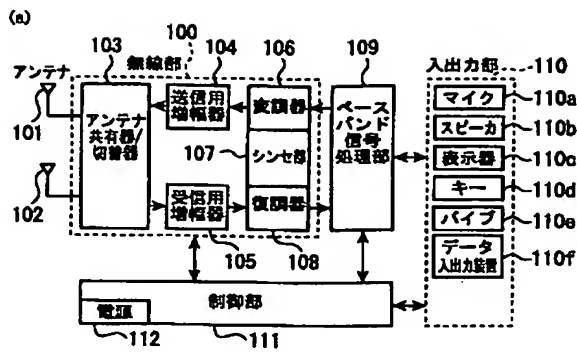
【図4】



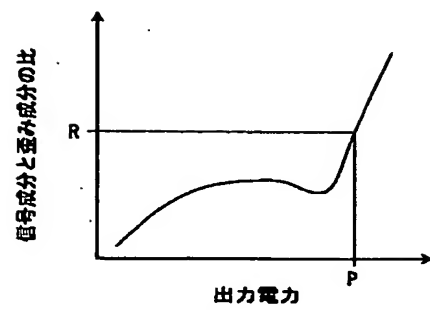
【図6】



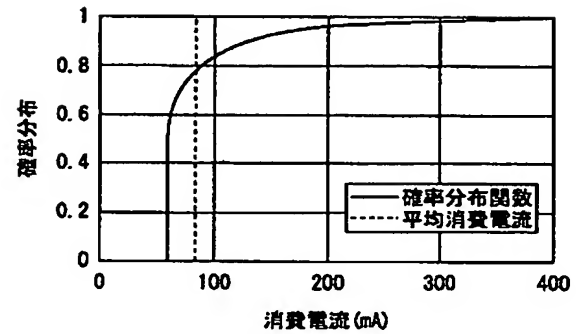
【図7】



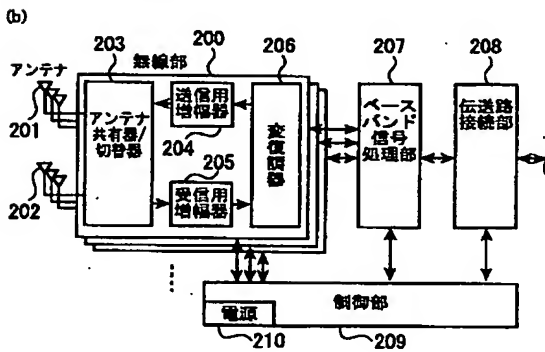
【図8】



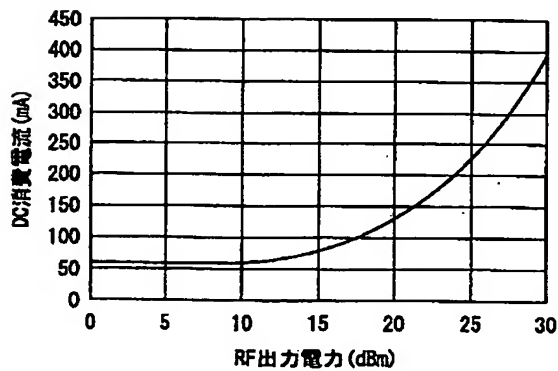
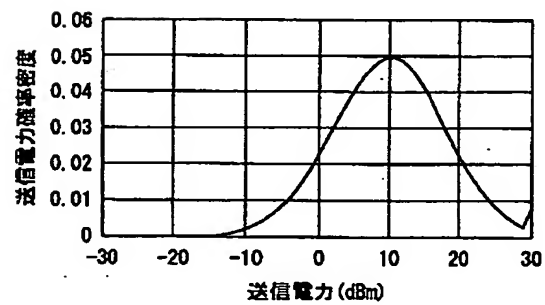
【図11】



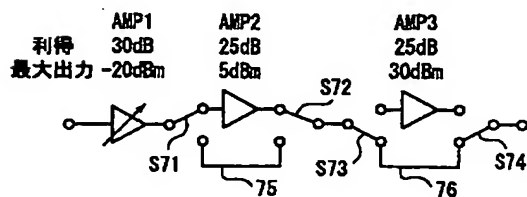
【図9】



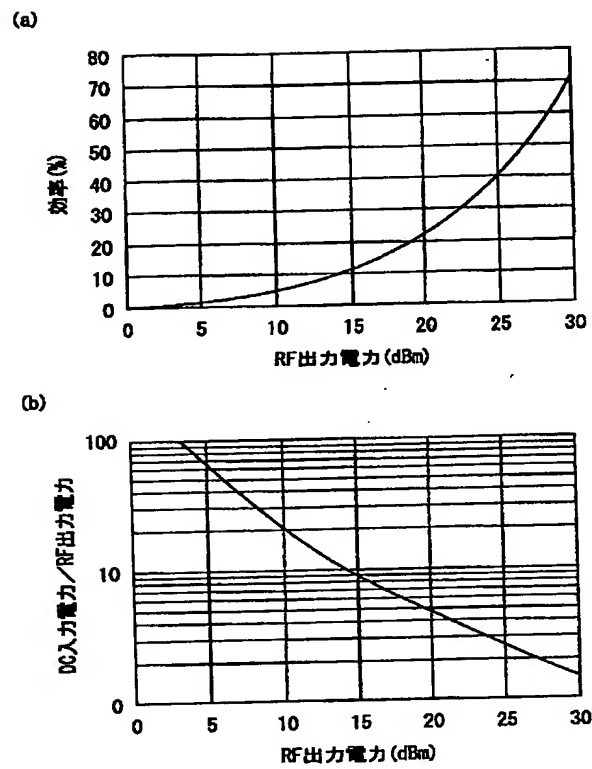
【図10】



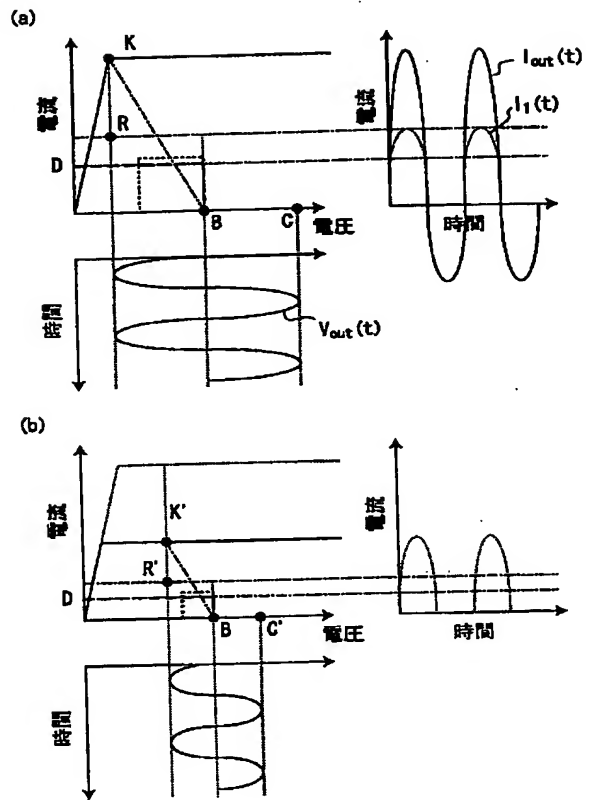
【図14】



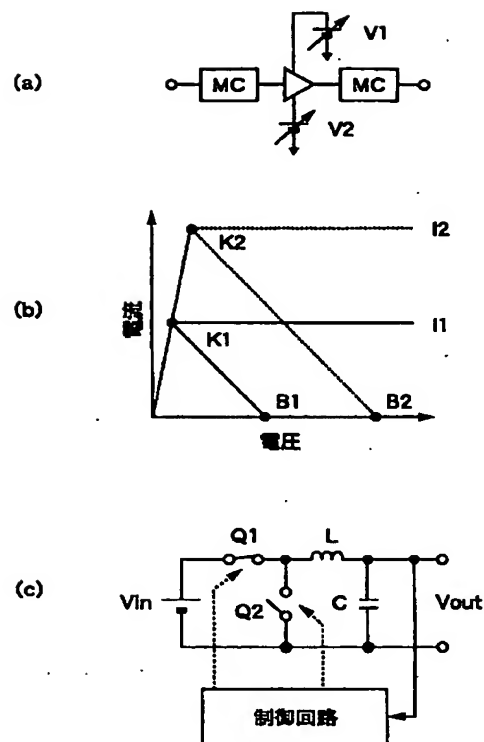
【図12】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

Fターム(参考) 5J091 AA01 AA41 AA63 CA36 CA92  
 FA10 HA29 HA33 HA38 KA01  
 KA34 KA49 KA53 KA55 SA14  
 TA01 TA02 TA06  
 5J092 AA01 AA41 AA63 CA36 CA92  
 FA10 GR09 HA29 HA33 HA38  
 KA01 KA34 KA49 KA53 KA55  
 SA14 TA01 TA02 TA06  
 5K060 BB00 CC04 CC12 DD04 HH05  
 HH06 HH31 HH32 KK01 LL01  
 LL11

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**